



# LA CÉLULA, LA UNIDAD ELEMENTAL DE LOS SERES VIVOS

## INTRODUCCIÓN A LAS CÉLULAS

### **Bibliografía:**

- Alberts, Bruce y col. Introducción a la biología celular. 3ra edición (y todas las posteriores). Ed Médica Panamericana, 2010. Capítulo 1.
- De Robertis, E. y Hib, José. Fundamentos de Biología Celular y Molecular de De Robertis. 4ta edición (y todas las posteriores). Ed. El Ateneo. Buenos Aires, 2004. Capítulo 1 y capítulo 23.

Docente: Lic. Carina Garelo



El estudio del universo biológico nos muestra que la evolución produjo una inmensa diversidad de formas vivientes. Existen alrededor de cuatro millones de especies de animales, vegetales, protozoos y bacterias, cuyos comportamientos, morfologías y funciones difieren entre sí. Sin embargo, a nivel molecular y celular estas entidades vivientes presentan un plan maestro de organización único.



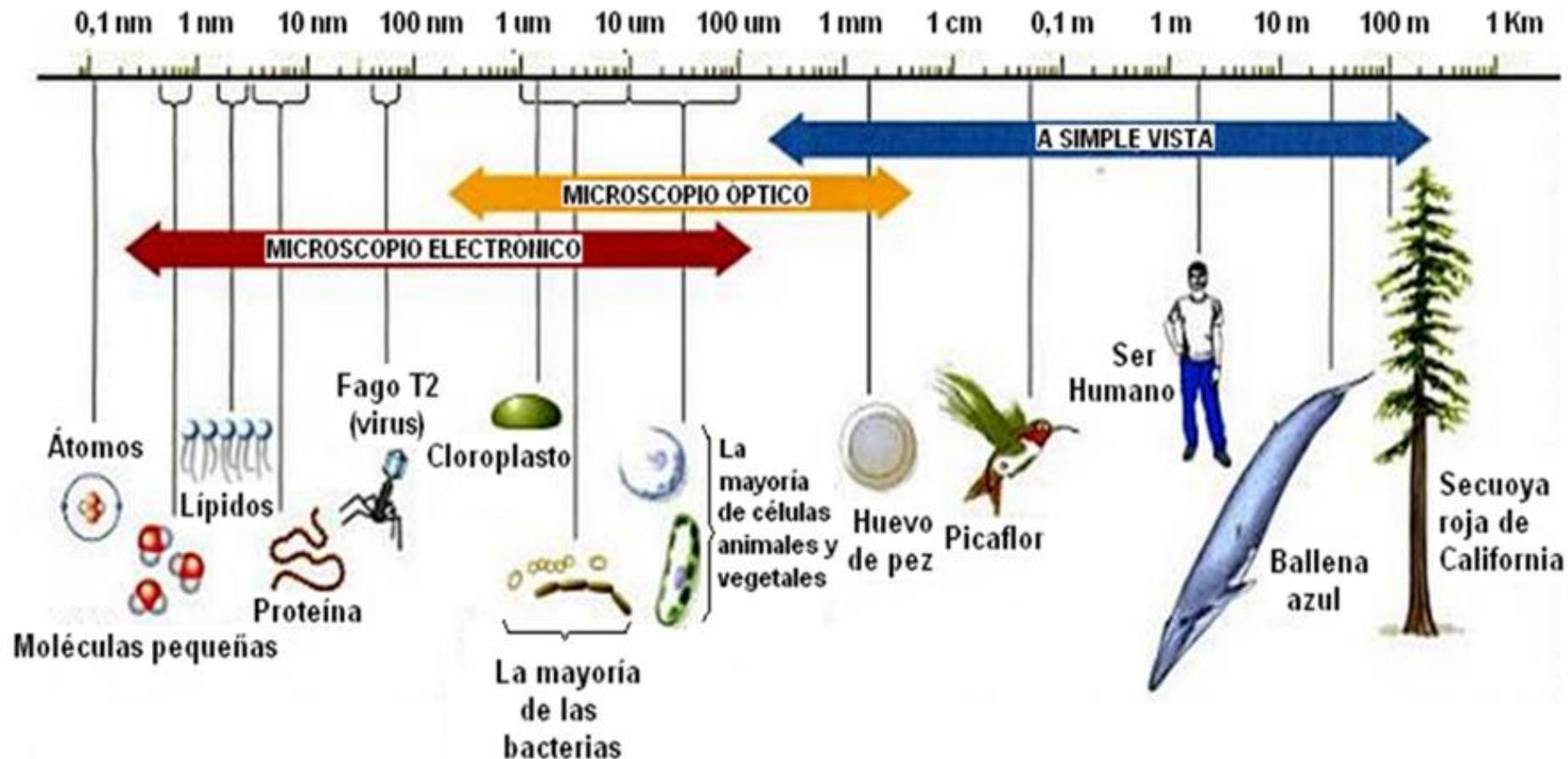
# LA CÉLULA COMO UNIDAD ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LOS ORGANISMOS VIVOS

**UNIDAD Y DIVERSIDAD**



## EL TAMAÑO DE LAS CÉLULAS

La mayoría de las células son microscópicas, con diámetros entre 10 y 100 micrones para células típicas animales o vegetales o entre 1 y 10 micrones para las bacterias.

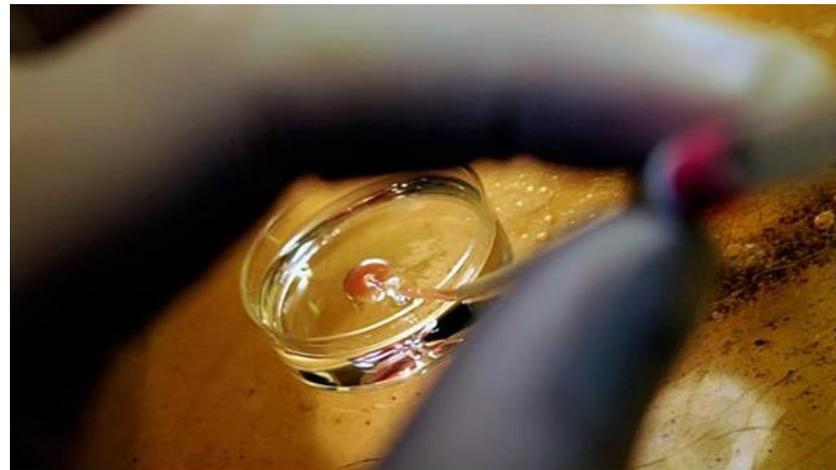


Aunque las medidas promedio de las células tienen las dimensiones ya mencionadas, hay excepciones. Algunas células pueden ser observadas a simple vista. El cuerpo del alga marina *Acetabularia* está formado por una única célula gigante de entre 2 y 5 centímetros de altura, o el óvulo humano con un diámetro de alrededor 0,15 mm.

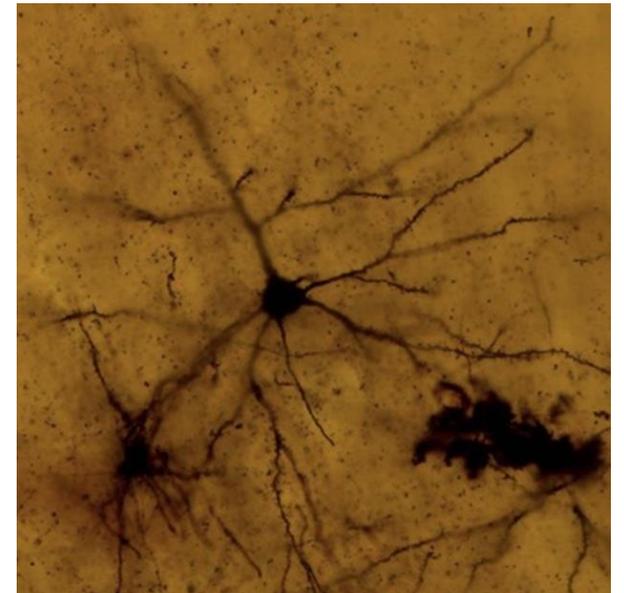
Otras excepciones son las prolongaciones de las células nerviosas (neuronas) que llegan hasta 1 metro.



Alga marina *Acetabularia*



Óvulo humano



Neurona al microscopio. Técnica de Golgi.



## LA FORMA DE LAS CÉLULAS

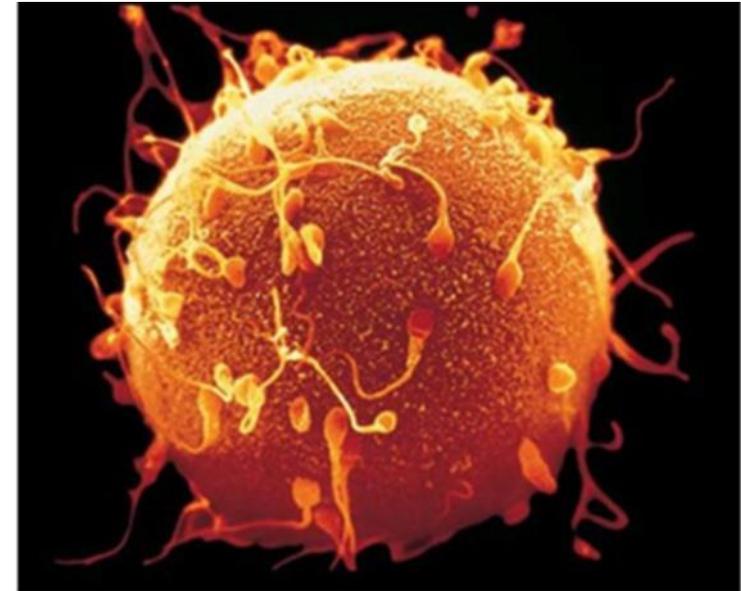
Existe una gran diversidad de tipos celulares que se diferencian por la variedad de formas y estructuras.

Las células tienden a ser esféricas, aunque a menudo tienen otras formas, muchas veces relacionadas a: la presencia de paredes celulares; a la adhesión y a la presión de otras células o superficies vecinas o por ciertas estructuras celulares internas.

Así entre las células animales y vegetales existen, por ejemplo:

- **Células esféricas**, como los óvulos de los peces, adaptadas a la flotación en el medio acuático, y las células de los óvulos humanos.

La forma de una célula, por lo general, está relacionada fundamentalmente con la función que lleve a cabo.



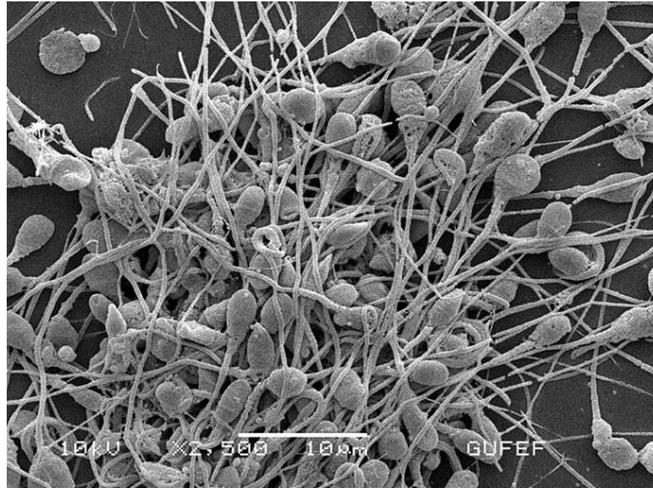
El óvulo del humano es una célula esférica. Su diámetro es en promedio 0,15 mm.



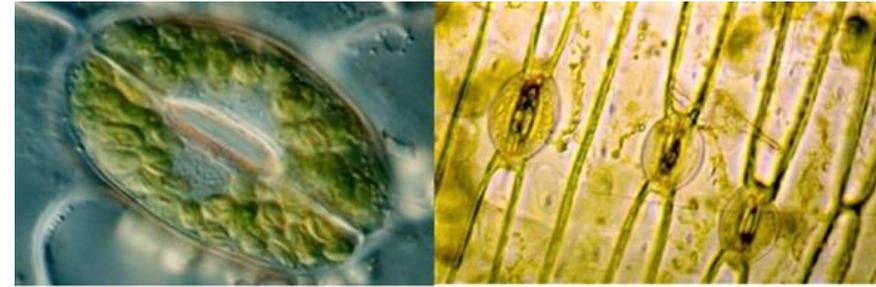
- **Células poliédricas**, como la de los tejidos epidérmicos, especializadas en la función de protección.
- **Células ovaladas o piriformes**, con prolongaciones (cilios y/o flagelos) que permiten su desplazamiento.



*Paramecium Aurelia*. El tamaño ordinario de las especies de paramecios está comprendido entre 0,05 y 0,33 milímetros.

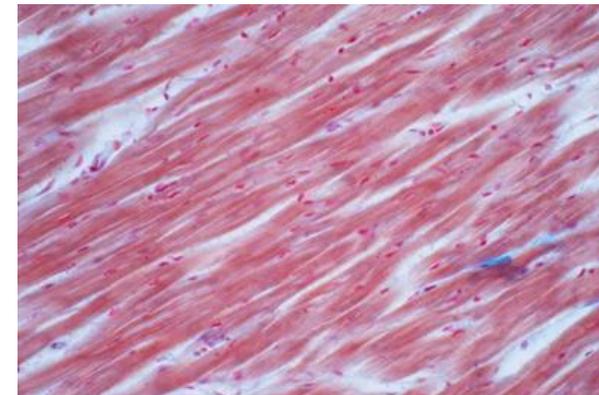


Espermatozoides humanos. Microfotografía de microscopía electrónica de barrido. La cabeza del espermatozoide es de 5  $\mu\text{m}$  de longitud y el flagelo de unos 40  $\mu\text{m}$  de longitud aprox.



Tejido epidérmico de plantas (tejido de protección)

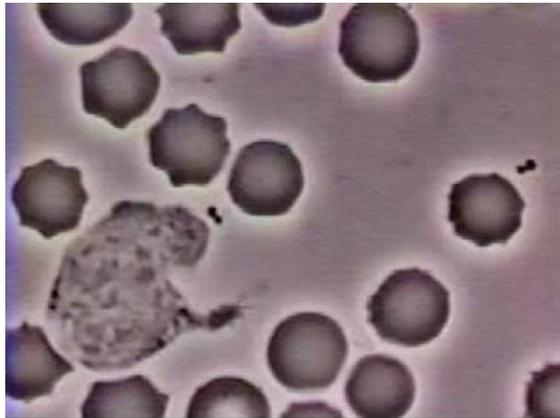
- **Células en forma de huso**, como las musculares, que forman las paredes de distintos órganos y tienen la posibilidad de contraerse y alargarse, lo que permite que los músculos se muevan en conjunto.



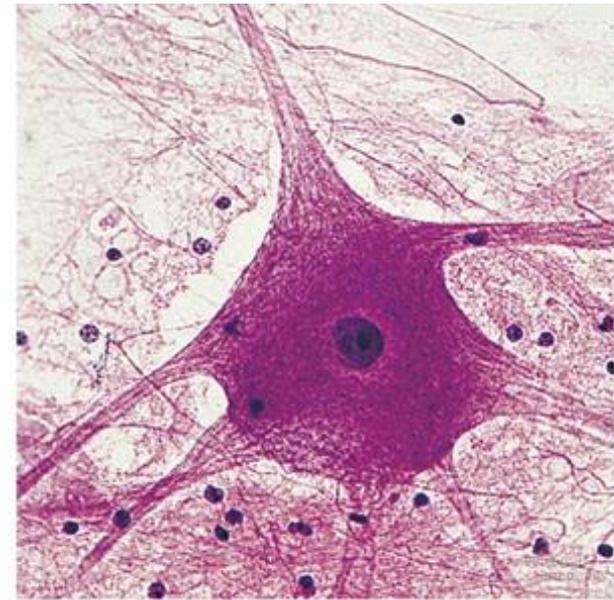
Tejido muscular.



- **Células estrelladas**, como las nerviosas, encargadas de captar y transmitir los impulsos nerviosos.
- **Células que pueden cambiar de formas** según el medio en que se encuentran o según la función específica que estén desarrollando.

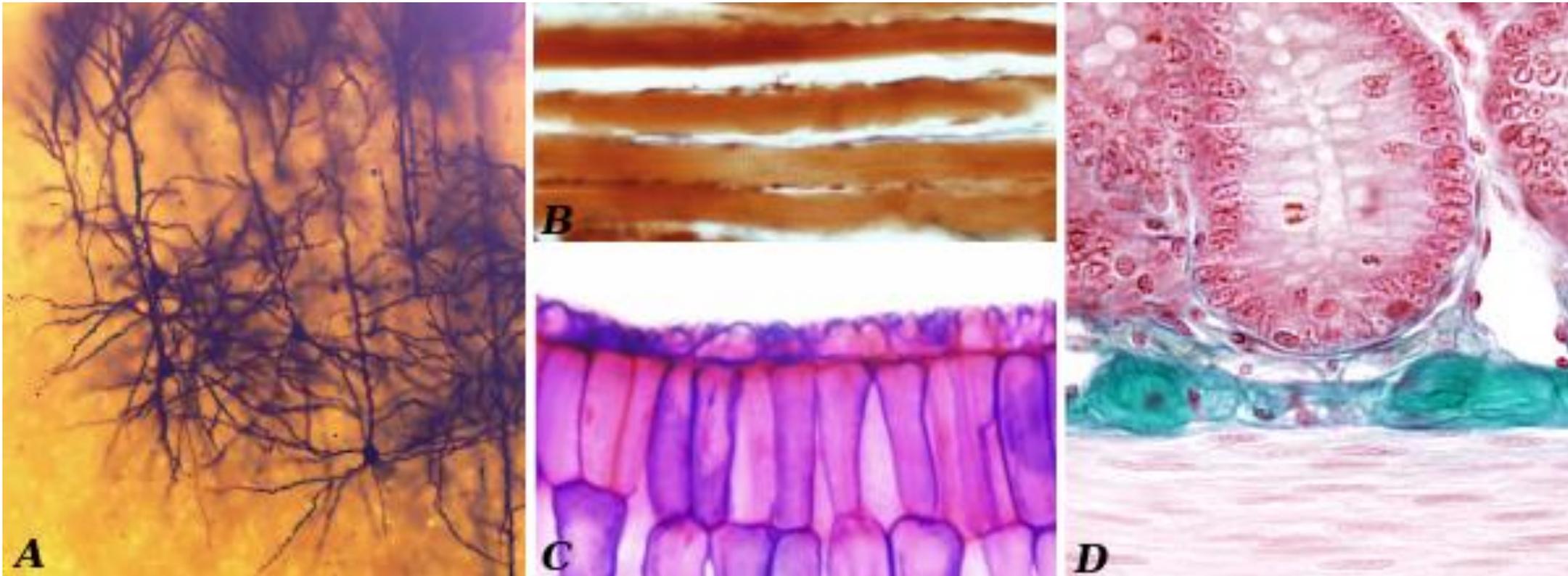


Un tipo de glóbulos blancos (células de la sangre) típicamente esféricos, cuya función principal es la defensa del organismo contra cuerpos extraños, adoptan una forma irregular, amebode, cuando engloban uno de esos cuerpos.



Tejido nervioso, donde se observa una célula estrellada.





Diversas formas celulares. A) Neuronas de la corteza cerebral. B) Células musculares esqueléticas vistas longitudinalmente. C) Células vegetales de una hoja. Se puede ver la diferencia entre las células parenquimáticas, grandes y alargadas, y las de la epidermis, en la parte superior, pequeñas e irregulares. D) Distintos tipos celulares del tracto digestivo. Las células más rojizas de la parte superior son epiteliales, las alargadas pálidas de abajo son músculo liso y las verdosas situadas entre ambas son células del tejido conectivo.



## Tipos de células del cuerpo humano



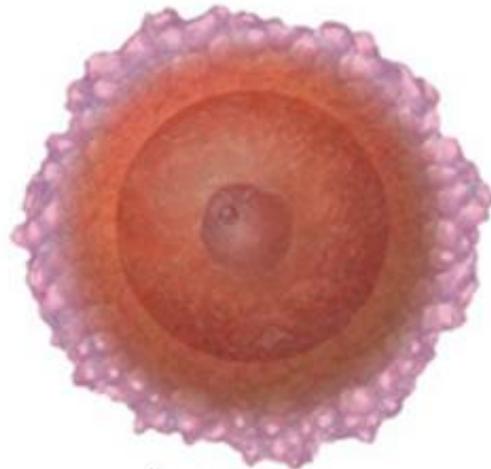
### Células adiposas

Son células esféricas, llenas de grasa. Se denominan también adipocitos.



### Espermatozoide

Tiene una cabeza, donde se localiza el material genético, y una cola larga que facilita su movimiento.



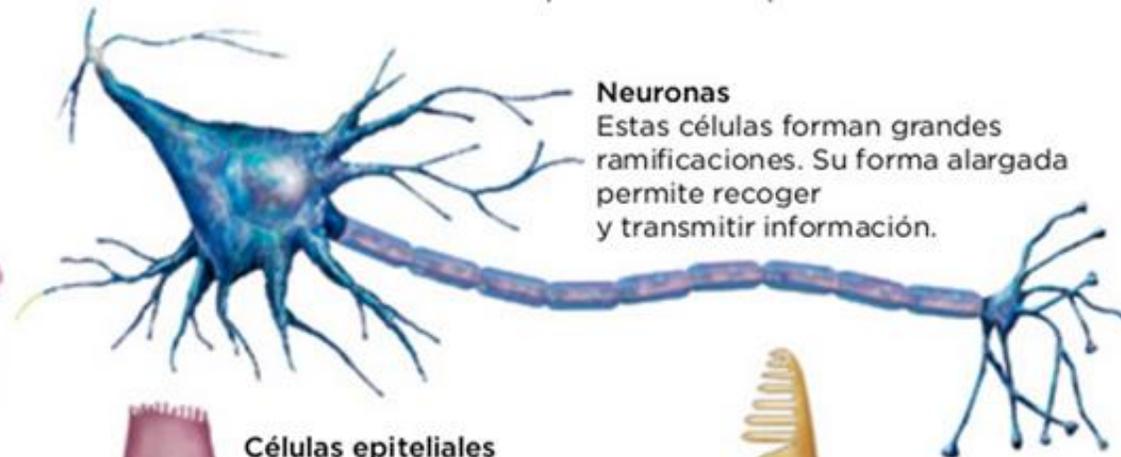
### Óvulo

Es una célula de gran tamaño. Además del material genético, contiene reservas energéticas para alimentar al cigoto.



### Células musculares

La mayoría son células muy alargadas y con forma fusiforme. Están especializadas en producir movimiento.



### Neuronas

Estas células forman grandes ramificaciones. Su forma alargada permite recoger y transmitir información.



### Células epiteliales

Adoptan forma cilíndrica, cúbica o aplanada. Recubren los órganos.



### Conos

Son células fotorreceptoras, sensibles a la luz que se encuentran en la retina.

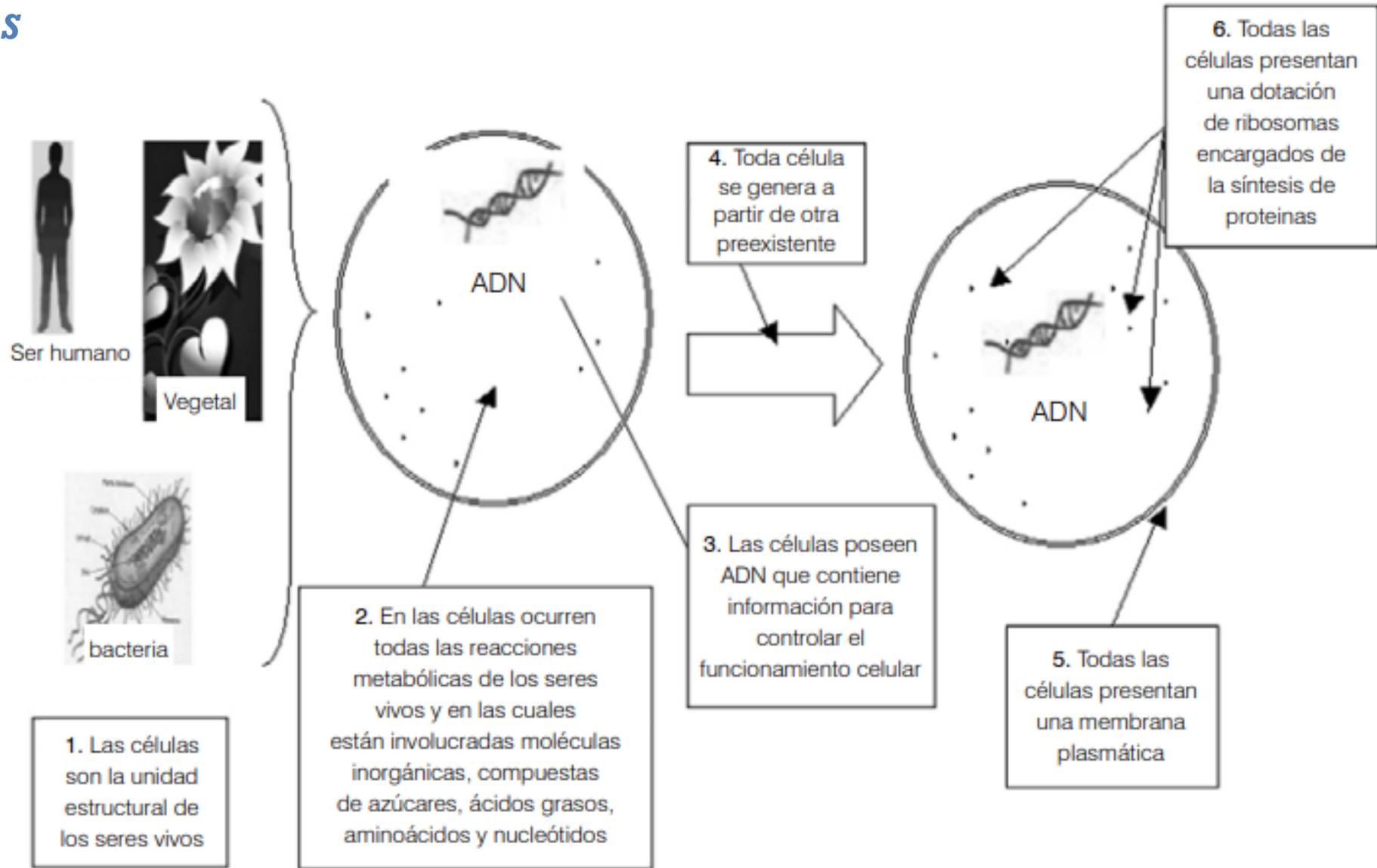


### Glóbulos rojos

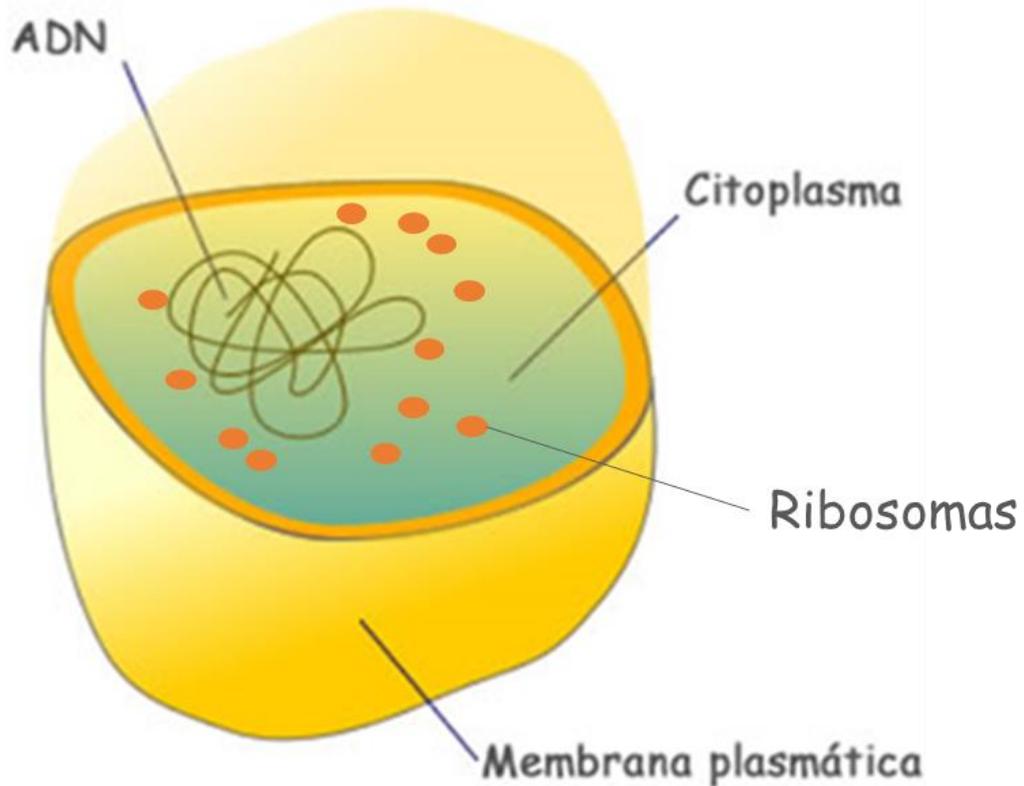
Tienen forma bicóncava y carecen de núcleo. Transportan oxígeno.



# LA ORGANIZACIÓN DE LAS CÉLULAS: CARACTERÍSTICAS COMUNES DE LAS CÉLULAS EN LOS SERES VIVOS



## **ESTRUCTURAS QUE SE ENCUENTRAN EN TODAS LAS CÉLULAS DE LOS SERES VIVOS**



Las células comparten tres componentes básicas:

- están rodeadas de una membrana, llamada **membrana plasmática** o **membrana celular** que es esencial en la vida de la célula. Separa a la célula de su ambiente externo, permite que exista como una entidad diferente a su entorno y a través de la cual se realizan los distintos tipos de intercambios (nutrientes, agua, desechos y muchas otras sustancias);
- poseen en su interior una sustancia viscosa llamada **citoplasma**;
- llevan la información para dirigir las actividades celulares en unos cuerpos llamados cromosomas que integran lo que se conoce como **material genético** o **hereditario** y;
- poseen unas estructuras especializadas en la elaboración de proteínas, los **ribosomas**.

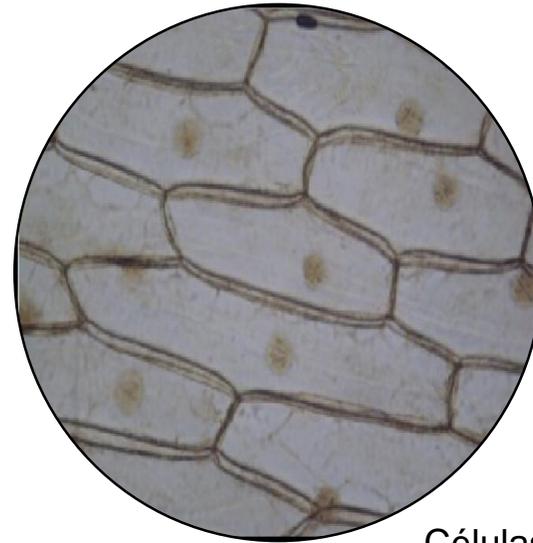


# LOS LÍMITES DE LA CÉLULA

## LA MEMBRANA PLASMÁTICA

La membrana es una estructura muy delgada: sólo tiene un espesor de 6 a 10 nm ( $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ ).

Precisamente debido a su delgadez, cuando se examina una célula al microscopio óptico convencional, en el mejor de los casos podrá apreciarse el contorno de la membrana, pero nunca podrá distinguirse su **ultraestructura**.



Células de cebolla al microscopio óptico (100x).



Células del epitelio de la mucosa bucal (40X).

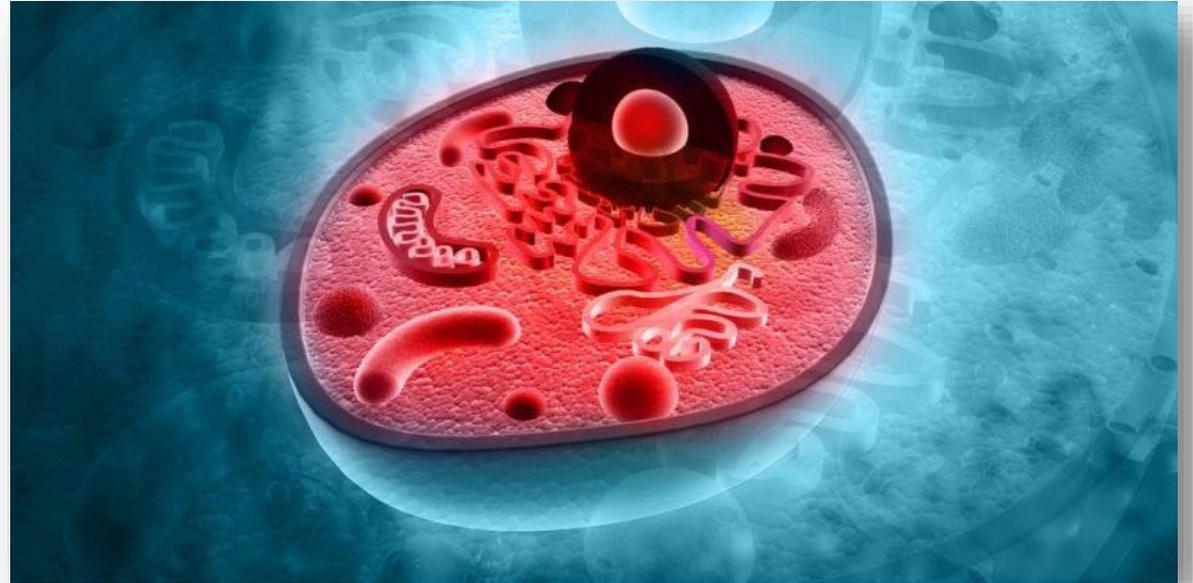


## **PRINCIPALES FUNCIONES DE LA MEMBRANA PLASMÁTICA**

- Definen la extensión de la célula y establecen sus límites. Define los límites de las mismas. Sin esta barrera protectora, las células estarían expuestas a los rigores del mundo externo, no podrían regular su medio interno y, en consecuencia, no serían viables.
- Constituyen barreras selectivamente permeables, dado que impiden el intercambio indiscriminado de sustancias entre el citoplasma y el medio extracelular.
- Servir de soporte estructural para la célula. El citoesqueleto se ancla a la membrana celular para mantener la estructura de la célula.
- Controlan las interacciones de la célula con el medio extracelular (tanto con la matriz extracelular como con otras células vecinas). Permite a las células reconocerse, adherirse entre sí cuando sea necesario e intercambiar materiales e información.
- Participa en la división celular: la membrana está implicada en el control y desarrollo de la división celular o citocinesis.
- Endocitosis y exocitosis: la membrana está relacionada con la captación de partículas de gran tamaño (endocitosis) y con la secreción de sustancias al exterior (exocitosis).
- Participar en reacciones químicas a través de proteínas que actúan como enzimas.
- Intervienen en las respuestas a señales externas a la célula. La membrana posee receptores, que son moléculas o conjuntos de moléculas, capaces de reconocer y responder a señales provenientes del medio extracelular portando información específica. Cuando dichas señales llegan hasta la membrana plasmática, se desencadenan señales internas en la célula, tanto activadoras como inhibitorias de distintos procesos celulares.

# EL CITOPLASMA

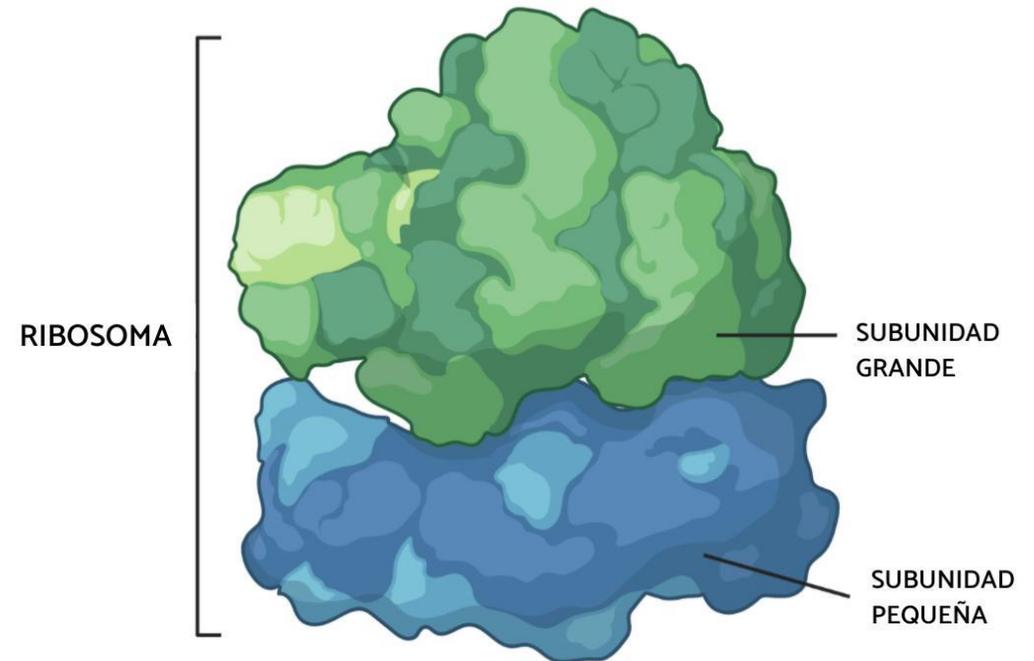
Es el contenido celular que se encuentra dentro de la membrana plasmática. El 85% del citoplasma está formado por agua, proteínas, sales, minerales y otras sustancias orgánicas y se encuentran inmersos complejo de macromoléculas. En él se realizan reacciones químicas esenciales para el funcionamiento de la célula.



# LOS RIBOSOMAS

Un complejo de macromoléculas que todas las células poseen son los ribosomas.

**Los ribosomas** son pequeñas estructuras globulares formadas por ácido ribonucleico (ARN) y proteínas que se encargan de sintetizar o elaborar proteínas a partir de la información del ADN. Esta es la estructura más abundante y le da un aspecto “granuloso” al citoplasma de la célula.



# EL MATERIAL GENÉTICO O HEREDITARIO

Está representado por el ADN o ácido desoxirribonucleico. El ADN cumple con una doble función: transmite información genética de la célula madre a las células hijas y contiene información que dirige y controla el funcionamiento de la propia célula.

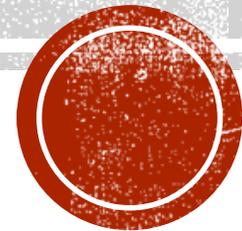


El material genético o hereditario está formado por moléculas de ADN, componente químico primario, asociado a proteínas que conjuntamente forman los cromosomas.

A la molécula de ADN se la denomina material genético y a la información contenida información hereditaria, ya que es transmitida de generación en generación.

# LA OBSERVACIÓN DE LA PRIMERA CÉLULA Y EL DESARROLLO DE LA TEORÍA CELULAR

**¿CÓMO COMENZÓ TODO?**



Una de las grandes preguntas: ¿cuáles son las propiedades fundamentales que caracterizan a los seres vivos y los distinguen de la materia inerte?

La respuesta comienza con un hecho básico, que marcó una revolución en el pensamiento: **La observación de la primera célula.**

### **Un poco de historia...**

En particular el inicio del desarrollo de la teoría celular fue posible gracias a la invención del microscopio (se estima alrededor de 1590) y los primeros exploradores del mundo microscópico, muchos de los cuales fabricaban sus propios microscopios.

- ✓ La invención del microscopio se remonta a finales del siglo XVI (1590) y se atribuye al holandés **Zacharias Jansen** (1583-1638), un fabricante de lentes neerlandés. A lo largo de los años se ha reivindicado a Zacharias Janssen como inventor del microscopio y el telescopio en Middelburg entre 1590 y 1618, Sin embargo, el origen de estos dos instrumentos sigue siendo una cuestión controvertida.



A inicios del siglo XVII, el italiano **Marcello Malpighi** (1628-1694) , médico, anatomista, botánico, histólogo y biólogo italiano, desarrolló métodos para estudiar los seres vivos utilizando el microscopio recién inventado para realizar una serie de importantes descubrimientos sobre estructuras y tejidos vivos. Entre ellos realizó sus investigaciones sobre la organización vegetal y determinó una pequeña estructura que más tarde sería denominada en referencia con la propuesta de otro científico, Robert Hooke con "*cellulae*" pero por los bajos fundamentos que estos presentaban se creó una controversia sobre si la célula era lo que se definía como un ser real o una cavidad.

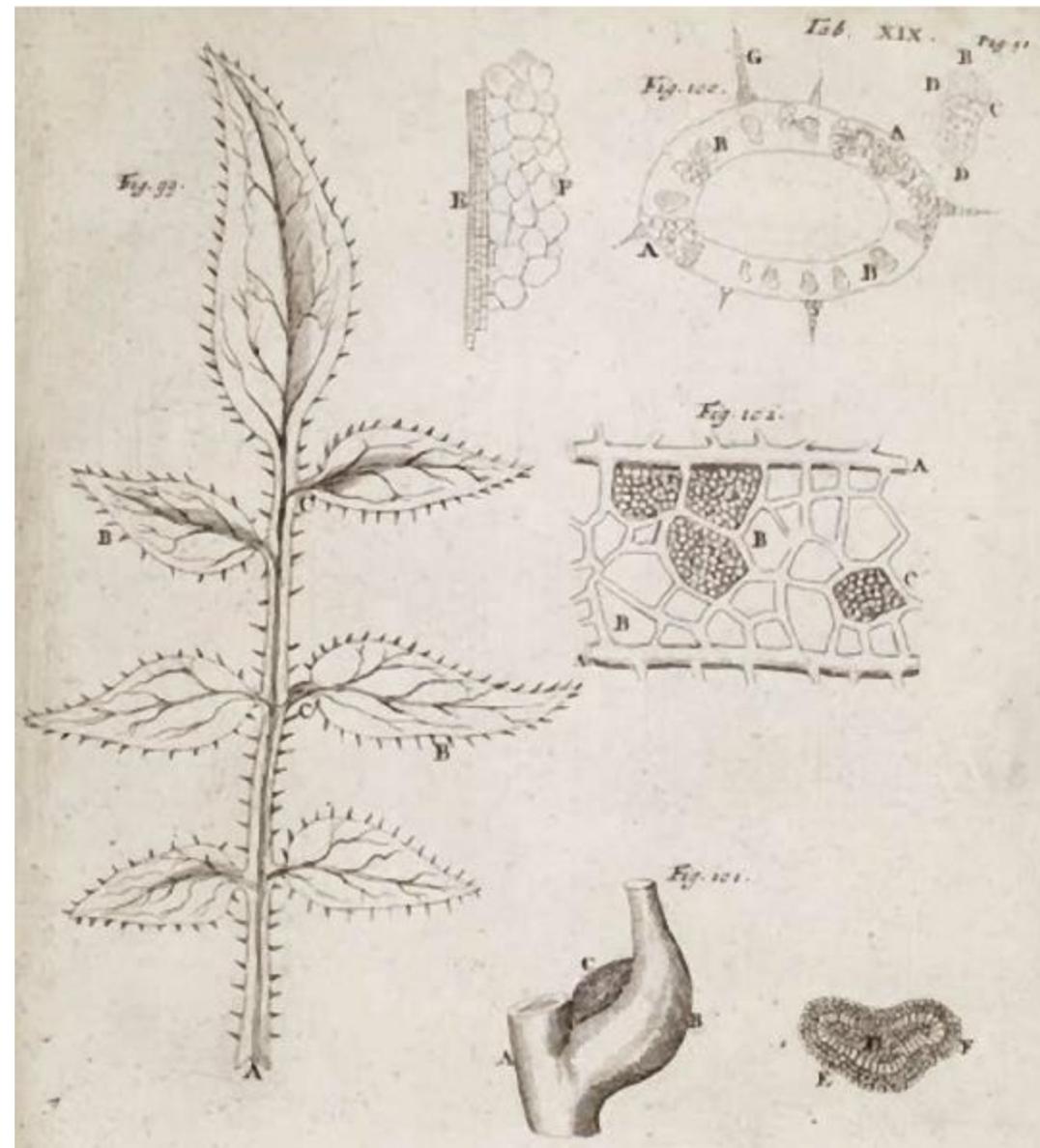
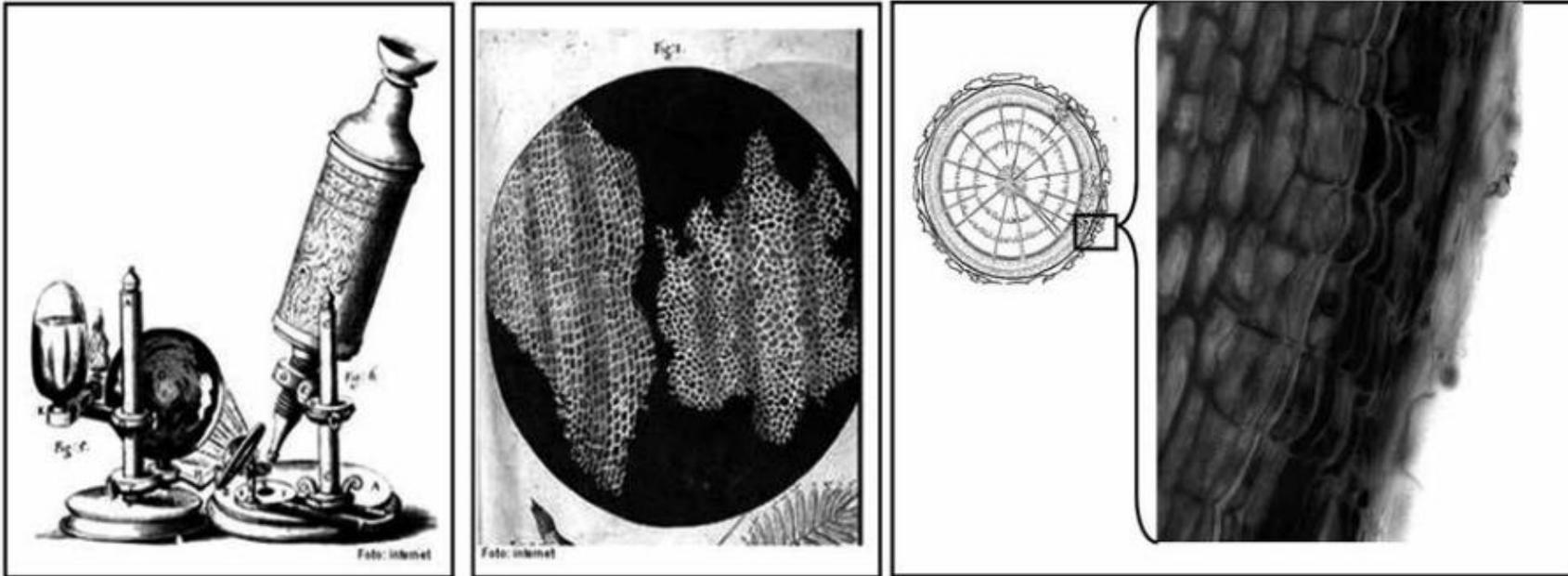


Ilustración de Marcelli Malpigh



✓ Al mismo tiempo (1665), en Inglaterra, un empleado de la Royal Society of London (Sociedad Real de Londres), **Robert Hooke** (1635-1703), también describía las maravillas que aparecían a través de la luz del microscopio.



A la izquierda el microscopio utilizado por Hooke para realizar sus observaciones. En el centro un dibujo realizado por el científico de un corte longitudinal de la corteza donde se ven las células muertas del súber. A la derecha una fotografía de un corte transversal de la corteza de un árbol observado con un microscopio compuesto actual. En la zona externa más oscura se observan las células muertas con una pared engrosada que componen el súber o corcho.

(Modificado de <http://botanika.biologija.org/slike/splbot/splbot-plakati-rastlin.html> y <http://sectic.ujaen.es/atlas/talotilo/talotilo100x.htm>).

Una mañana de 1665 Robert Hooke decidió realizar un fino corte con su navaja en la corteza de un árbol llamado alcornoque (*Quercus suber*) de la que se extrae el corcho. Al observar con el microscopio vio una estructura porosa compuesta por numerosas “celdillas”. Lo que en realidad estaba viendo eran células muertas. La corteza exterior del tronco del alcornoque está compuesta por un tejido denominado súber o corcho formado por células muertas, que solamente han conservado su pared celular. Esto le da la apariencia de celdilla o cámara, de lo que surgió el nombre en latín de “*cellulae*” que luego derivó en el nombre actual de “**célula**”.

Si bien Hooke describió cómo el corcho y otros tejidos vegetales estaban formados por **células**, su trabajo fue sólo descriptivo ya que no esbozó teoría alguna.



Microscopio de Robert Hooke y esquema de células del corcho realizado por él.



✓ Alrededor de la década de 1670, **Anton Van Leeuwenhoek** (1632-1723), un vendedor de telas holandés, construyó un microscopio para contar los hilos de las telas. Su instrumento era bien simple: una sola lente montada en una placa de metal con tornillos para mover lo que se quisiera ver y enfocar la imagen. Bajo su lente, Van Leeuwenhoek observó todo lo que pasaba por sus manos: polvo de diamante, lana de cordero, pelo humano, pepita de naranja, excremento de rana, vino, restos de piel, restos de hueso, observó numerosos preparados biológicos preparados biológicos, desde agua de estanques hasta el sarro de los dientes.

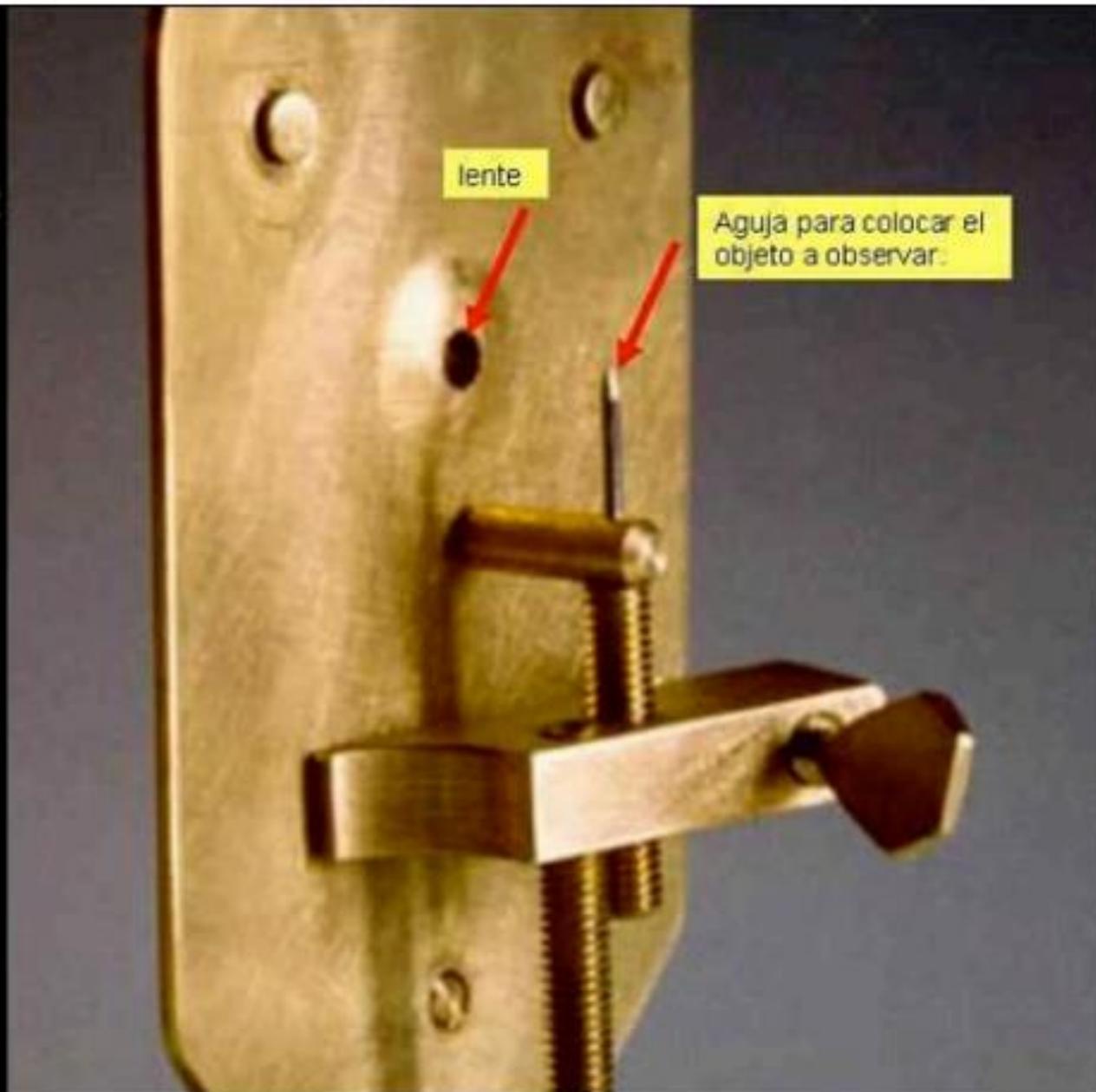


Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) y su microscopio.

A través de este instrumento, fue el primero en observar células vivas ¡aunque él no lo sabía! Leeuwenhoek estaba viendo microorganismos como bacterias y protozoos, cientos de pequeños seres vivos totalmente desconocidos por los científicos de la época aparecían ante sus ojos con el microscopio. Durante 50 años, Van Leeuwenhoek publicó regularmente el resultado de sus minuciosas observaciones en la *Royal Society Británica*, que había sido creada recientemente.



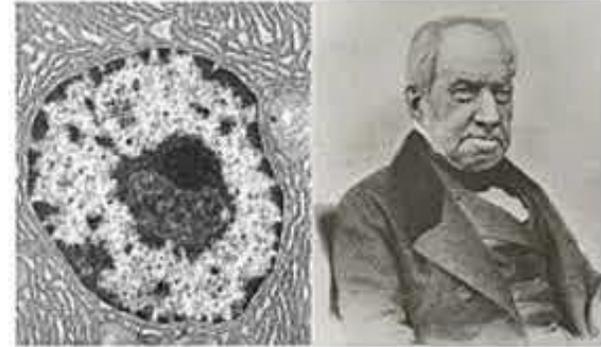
Detalle del  
microscopio de  
Antony  
van Leeuwenhoek



# Las bases de la biología

Recién principios del siglo XIX, la microscopía comenzó a ofrecer instrumentos adecuados y desarrollar técnicas para el estudio del interior de las células y varios científicos postularon numerosos principios para darle una estructura adecuada.

- ✓ En 1831, Robert Brown (1773-1858), un científico británico mediante el uso de colorantes especiales pudo distinguir en el interior de células de diferentes organismos, un punto oscuro, el núcleo (diminutivo de *nux*, nuez).

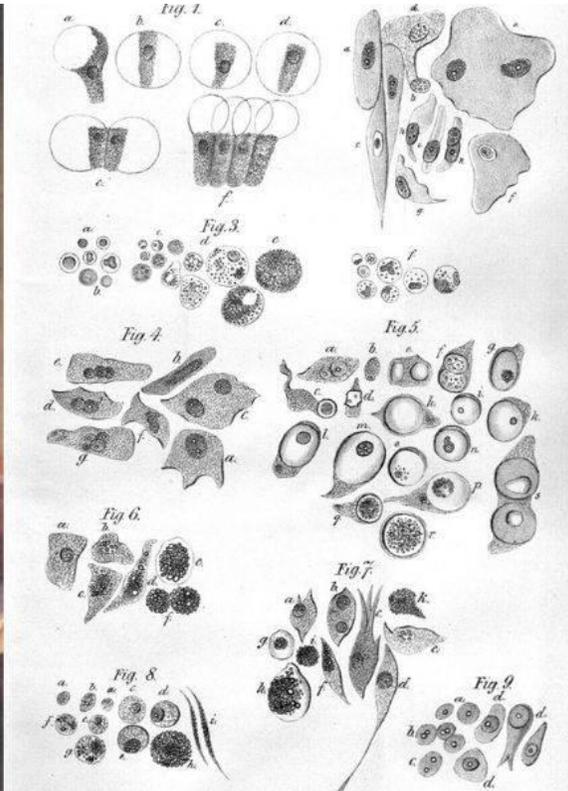
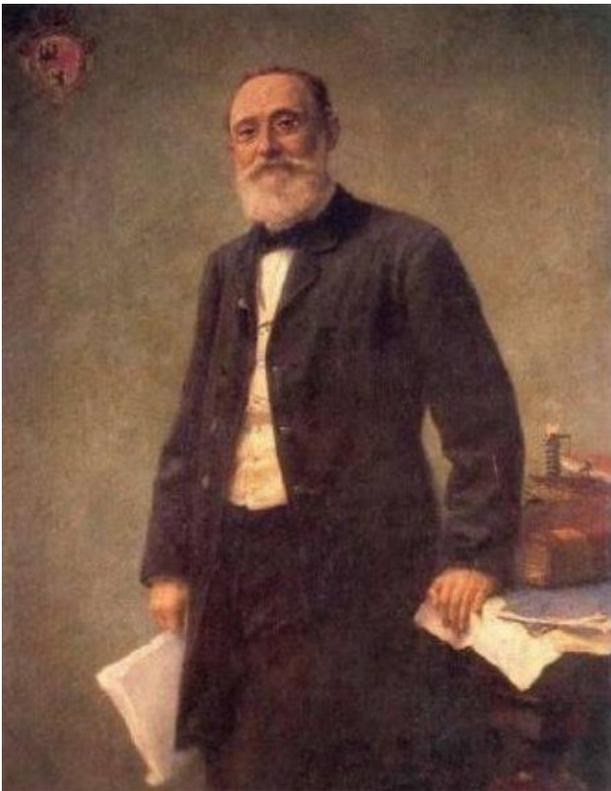


- ✓ En 1838, un botánico alemán, **Matthias Jakob Schleiden** (1804 - 1881), sugirió que todas las plantas estaban formadas por células. Esta idea fue desarrollada aún más por **Theodor Schwann** (1810-1882), quien propuso que todos los organismos están formados por células en 1839.

Publicaron juntos la obra *Investigaciones microscópicas sobre la concordancia de la estructura y el crecimiento de las plantas y los animales* (1839). Asentaron el primer y segundo principio de la teoría celular histórica:

- Todo en los seres vivos está formado por células o productos secretados por las células.
- La célula es la unidad básica de organización de la vida.





✓ En 1858, un prominente y respetado médico alemán, **Rudolf Virchow** (1821-1902), formalizó esta idea con una frase que luego se hizo famosa: ***Omnis cellula e cellula***; todas las células provienen de células. Más tarde expuso su teoría en un libro que revolucionó la medicina y la biología. Allí afirma que las células no pueden originarse de material no vivo y que las enfermedades aparecen de cambios en tipos específicos de células. Esta teoría pasó a llamarse **teoría celular** y establece lo siguiente:

**Rudolf Virchow** padre de la patología moderna

- Todos los organismos están formados por una o más células.
- Las células están vivas.
- Las células son las unidades básicas de los seres vivos.
- Todas las células provienen de otras células.



Con el aporte de todos los científicos mencionados anteriormente y muchos otros, se formuló, poco a poco, la hasta hoy vigente **teoría celular**: Esta concibe a la célula como la unidad estructural, funcional, de origen y herencia de los seres vivos.

La teoría celular, al ser tan innovadora fue también controvertida y estuvo en el centro de acalorados debates científicos durante gran parte del siglo XIX. Pero a partir de 1864 fue cada vez más aceptada, gracias a los experimentos de *Louis Pasteur* (1822-1895), sobre la producción de los microorganismos que le dio un duro golpe a la teoría de la generación espontánea).



Louis Pasteur en su laboratorio



## LA TEORÍA CELULAR ACTUAL

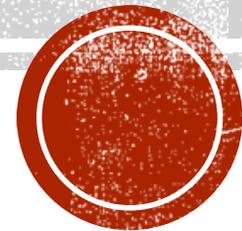


- Todos los seres vivos están formados por células. La célula es la unidad estructural de todos los seres vivos.
- En la célula se llevan a cabo todas las funciones vitales de un ser vivo. Por ello, la célula es su unidad funcional.
- Toda célula procede de una célula preexistente como resultado de su reproducción. Por lo tanto, la célula es la unidad de origen y reproducción de los seres vivos.
- La célula es la unidad hereditaria de los seres vivos. Cada célula contiene toda la información genética necesaria para su desarrollo y funcionamiento, así como para la transmisión de esa información a la siguiente generación celular.



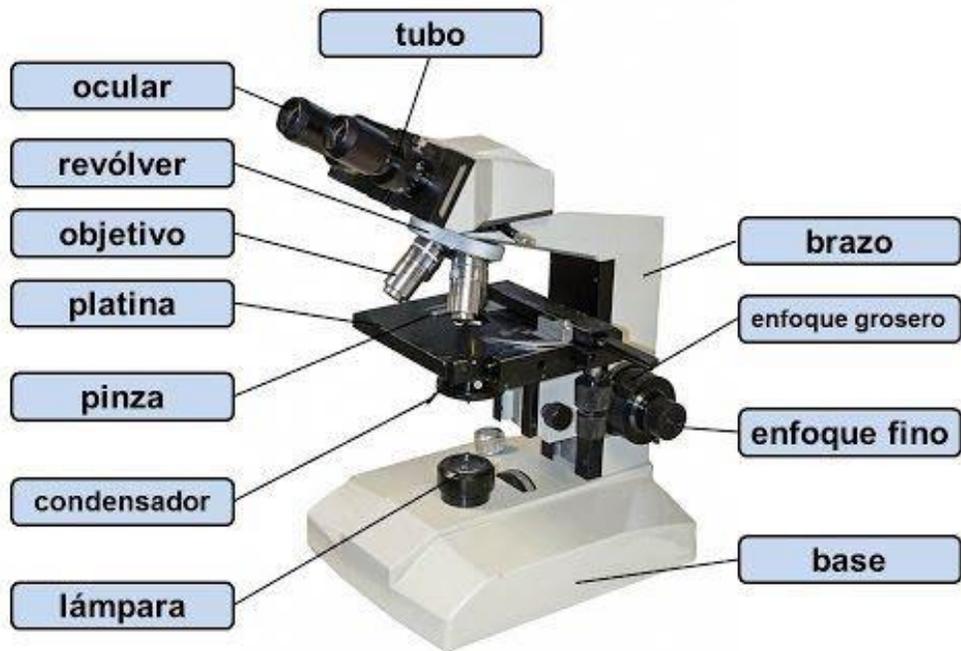
# LOS MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA BIOLOGÍA CELULAR

Reseña de los métodos generales que se emplean para descifrar las estructuras y las funciones celulares.



# MICROSCOPIA OPTICA

## Microscopio óptico compuesto

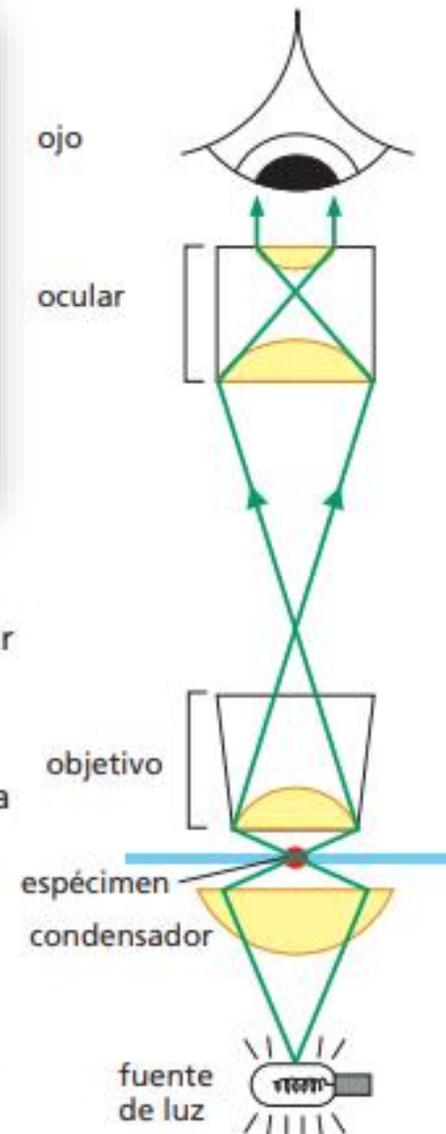


<http://light-microscope.net>

Docente: Lic. Carina Garelo

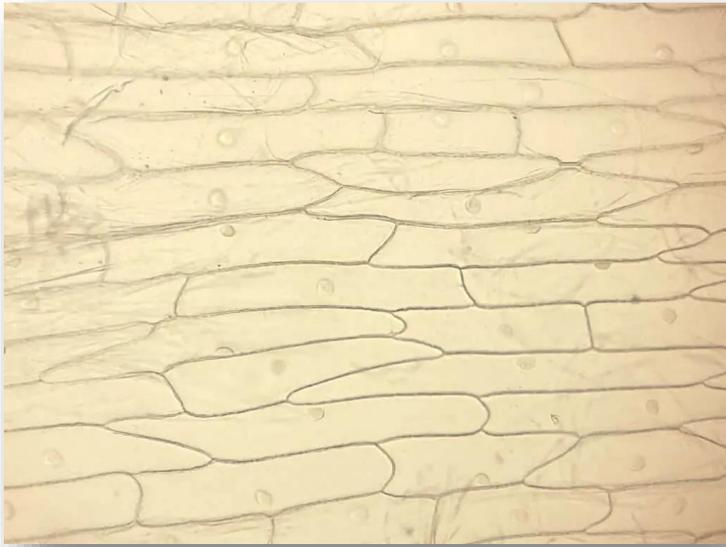


El microscopio óptico permite aumentar las imágenes de las células hasta 1.000 veces y resolver detalles de tan solo 0,2 m (una limitación impuesta por el carácter ondulatorio de la luz, no por la calidad de las lentes). Se requieren tres elementos para visualizar células en un microscopio óptico. Primero, se debe enfocar una luz brillante sobre el espécimen mediante las lentes del condensador. Segundo, el espécimen debe estar cuidadosamente preparado para permitir que la luz lo atraviese. Tercero, se debe alinear un sistema apropiado de lentes (objetivo y ocular) para enfocar una imagen del espécimen en el ojo.

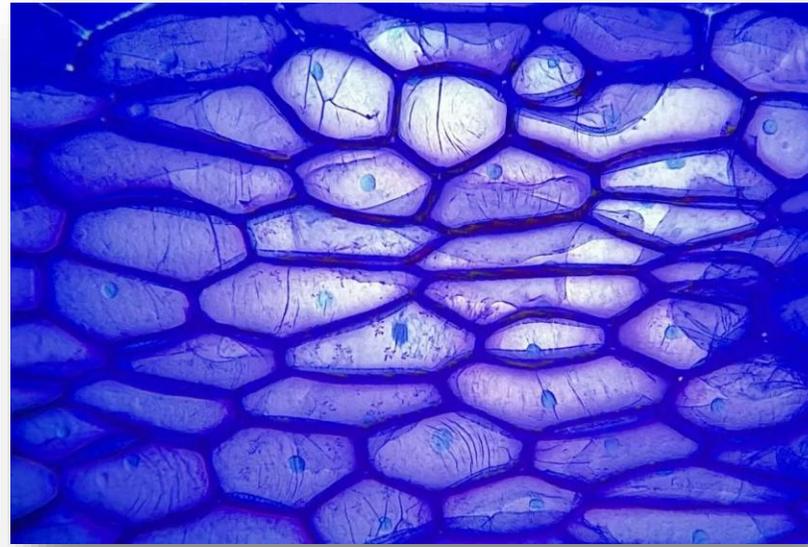


trayectoria de la luz en un microscopio óptico

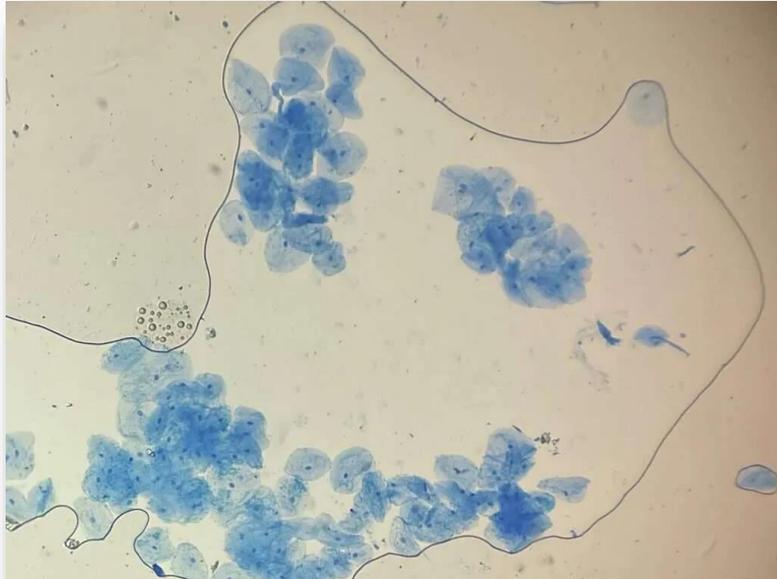




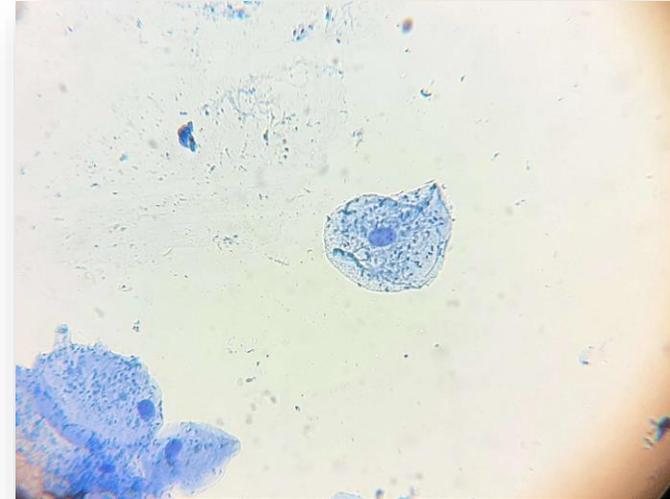
Epitelio de cebolla sin tinción. 100X



Epitelio de cebolla con tinción (azul de metileno). 100X



Epitelio bucal humano teñidas con azul de metileno. 100 X



Célula del epitelio bucal humano. 400X



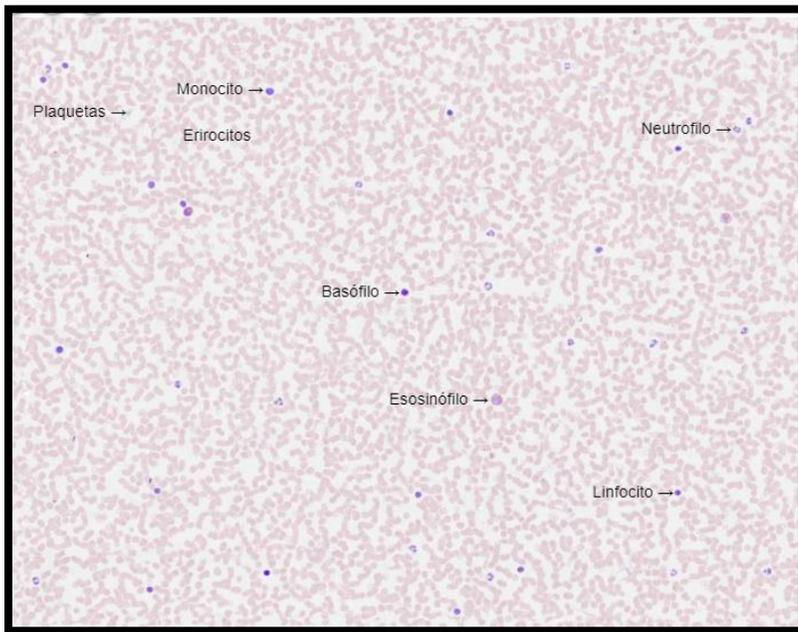
Observación de organismos vivos unicelulares y pluricelulares microscópicos.

<https://www.youtube.com/watch?v=1Id9PDh6a2I&t=47s>

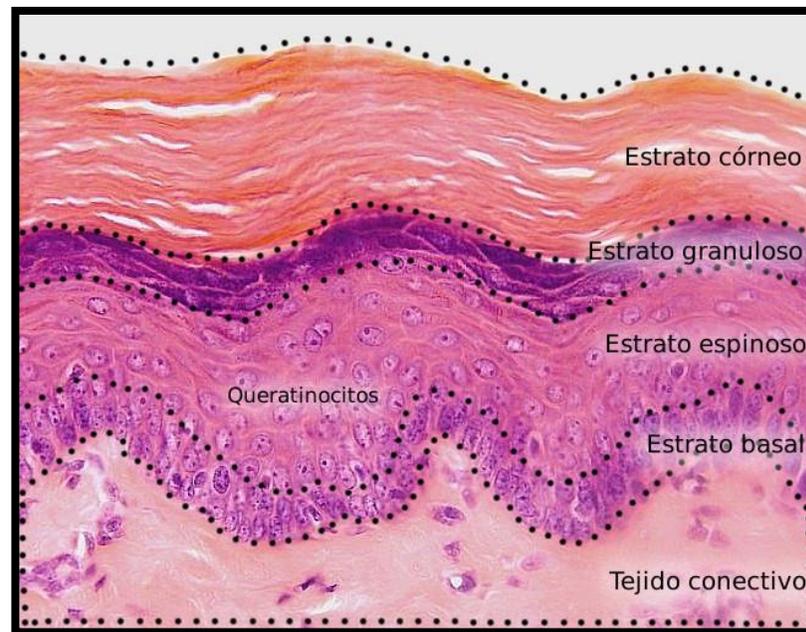
<https://www.youtube.com/watch?v=7Hk9jct2ozY>

<https://www.youtube.com/watch?v=2RAx0GkETgU&list=PL-7WB4t8tbG1eqnATKdvOrtWUiGF1bTkK&index=4>

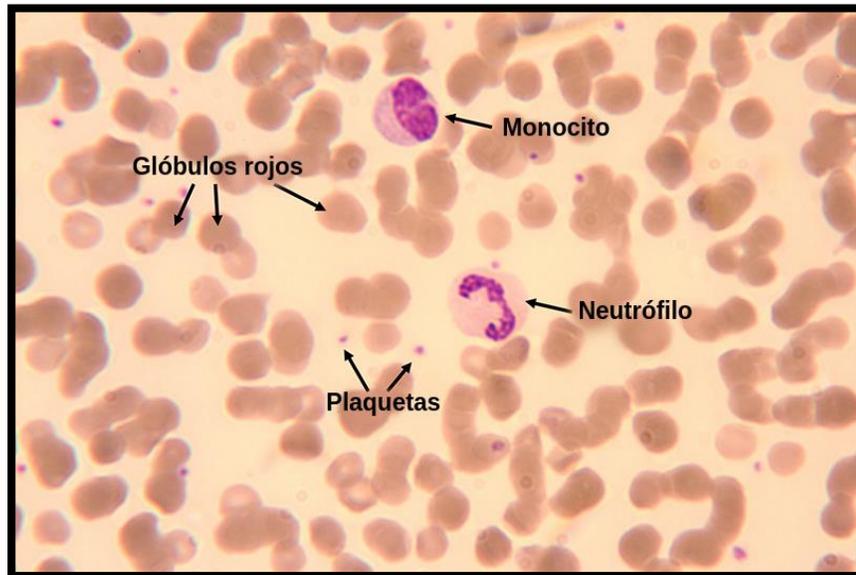




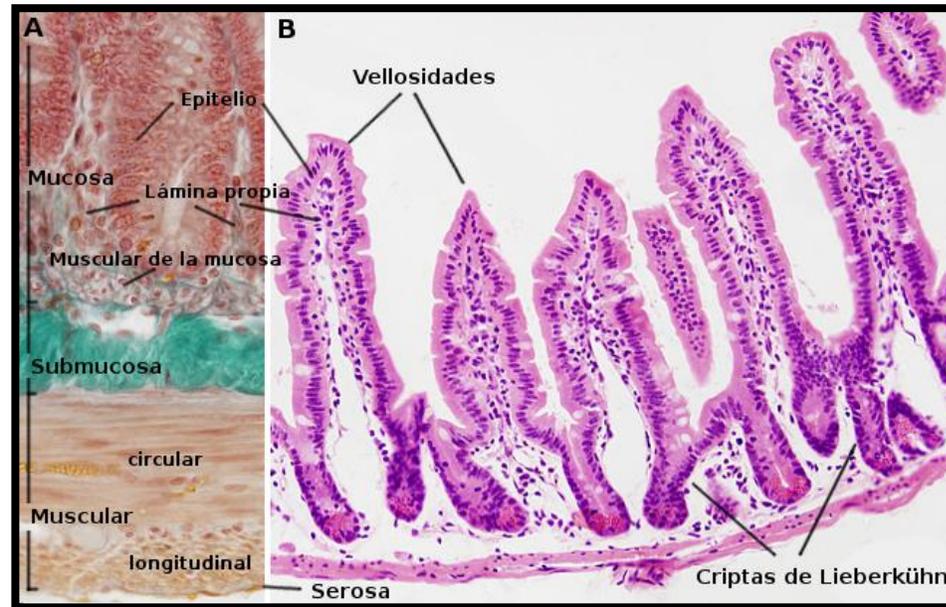
Extendido de sangre humana. Tinción con hematoxilina y eosina. 40X



Corte de epidermis de ratón. Técnica: hematoxilina-eosina en cortes de 8  $\mu\text{m}$  de parafina.



Frotis de sangre humana. Tinción con Giemsa. 100X

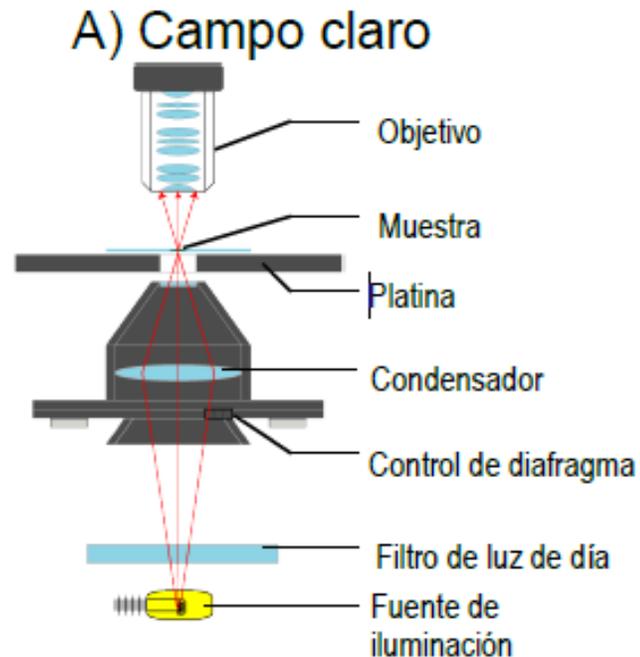


Corte de intestino de rata. Técnica: secciones de parafina teñidas con A) Tricrómico de Masson; B) hematoxilina-eosina.



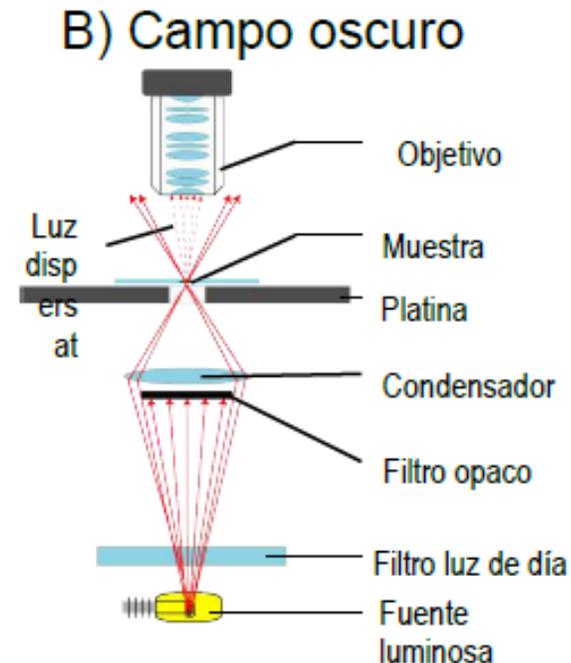
## Microscopio de campo claro

Permite visualizar muestras teñidas o con pigmentos naturales que resultan altamente contrastadas. La fuente de iluminación es la luz blanca. Los componentes de la muestra se visualizan gracias a las diferencias de contraste que existen entre ellos y el medio que los rodea. La muestra aparece oscura contra un fondo claro, de ahí el nombre «campo claro».



## Microscopio de contraste de campo oscuro

Es un microscopio que utiliza un haz enfocado de luz muy intensa en forma de un cono hueco concentrado sobre la muestra. El objeto iluminado dispersa la luz y se hace así visible contra el fondo oscuro que tiene detrás. La iluminación de campo oscuro precisa el bloqueo de la mayor parte de la luz que normalmente viaja a través y alrededor del espécimen; esto posibilita la interacción exclusiva de los rayos oblicuos con el espécimen.



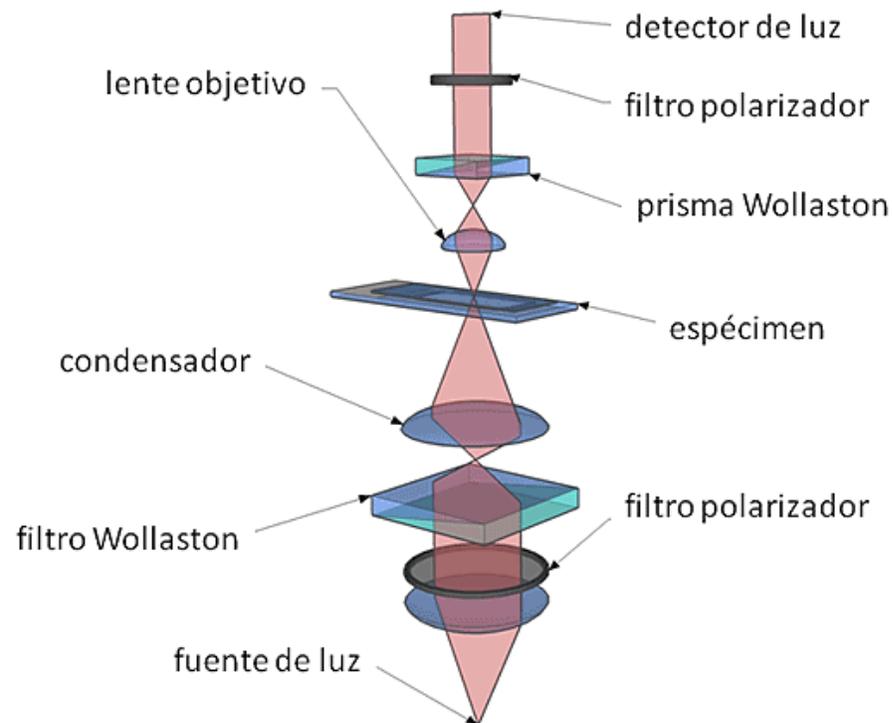
## Microscopio de contraste de fase

Se usa principalmente para aumentar el contraste entre las partes claras y oscuras de las células sin colorear, aprovechando las pequeñas diferencias de los índices de refracción en las distintas partes de una célula y en distintas partes de una muestra de tejido. El microscopio de fase ilumina el espécimen con un cono hueco de luz, como en el microscopio en campo oscuro.

Disposición de los componentes básicos del microscopio de contraste por interferencia diferencial. Modificado de Wikipedia, Enciclopedia Libre (106).

## Microscopio de contraste por interferencia

Permite manipular la iluminación para que los cambios diminutos en la topografía de la superficie se hagan discernibles a través de la interferencia de las ondas de luz. Los objetos se ven oscuros o claros en un fondo gris, dando como resultado una imagen del espécimen en 3D.

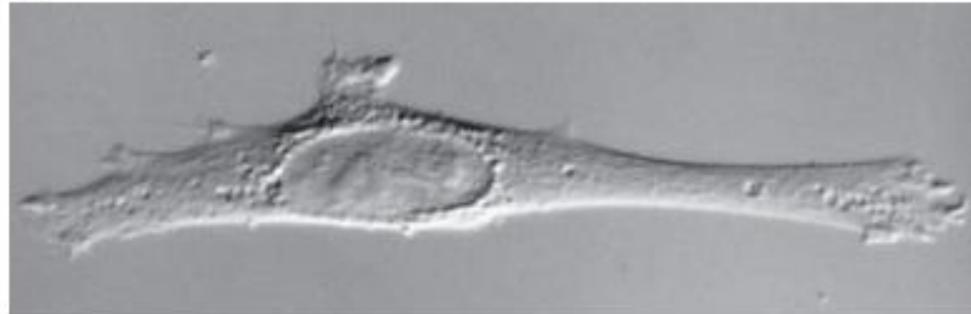




(A)



(B)



(C)

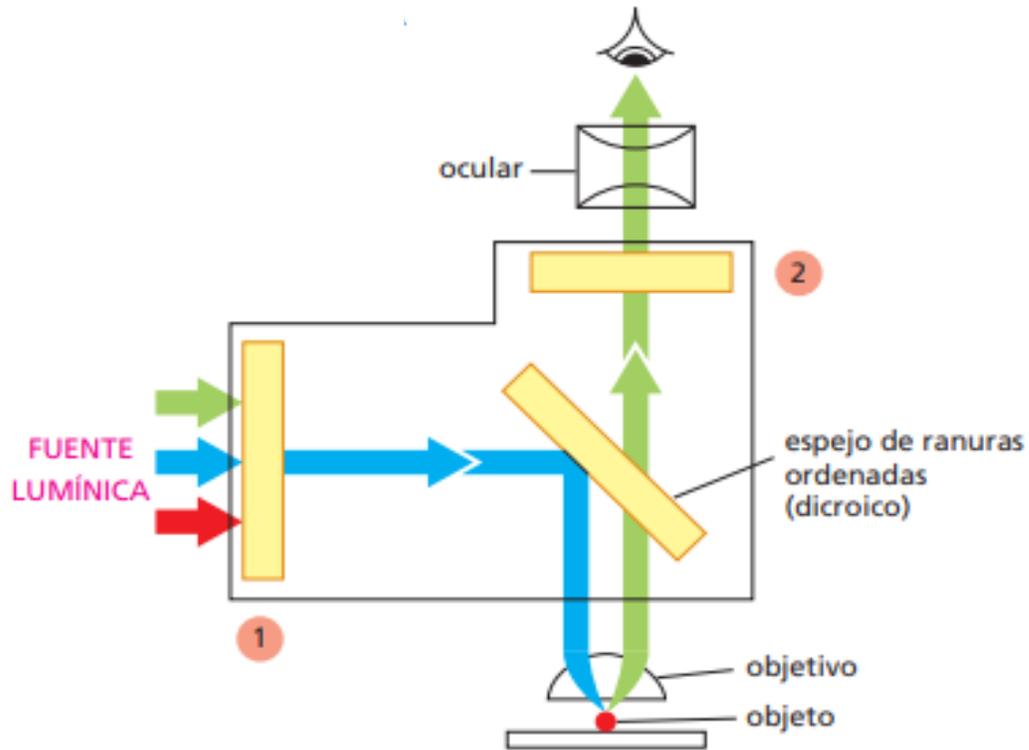
50  $\mu\text{m}$

## OBSERVACIÓN DE CÉLULAS VIVAS

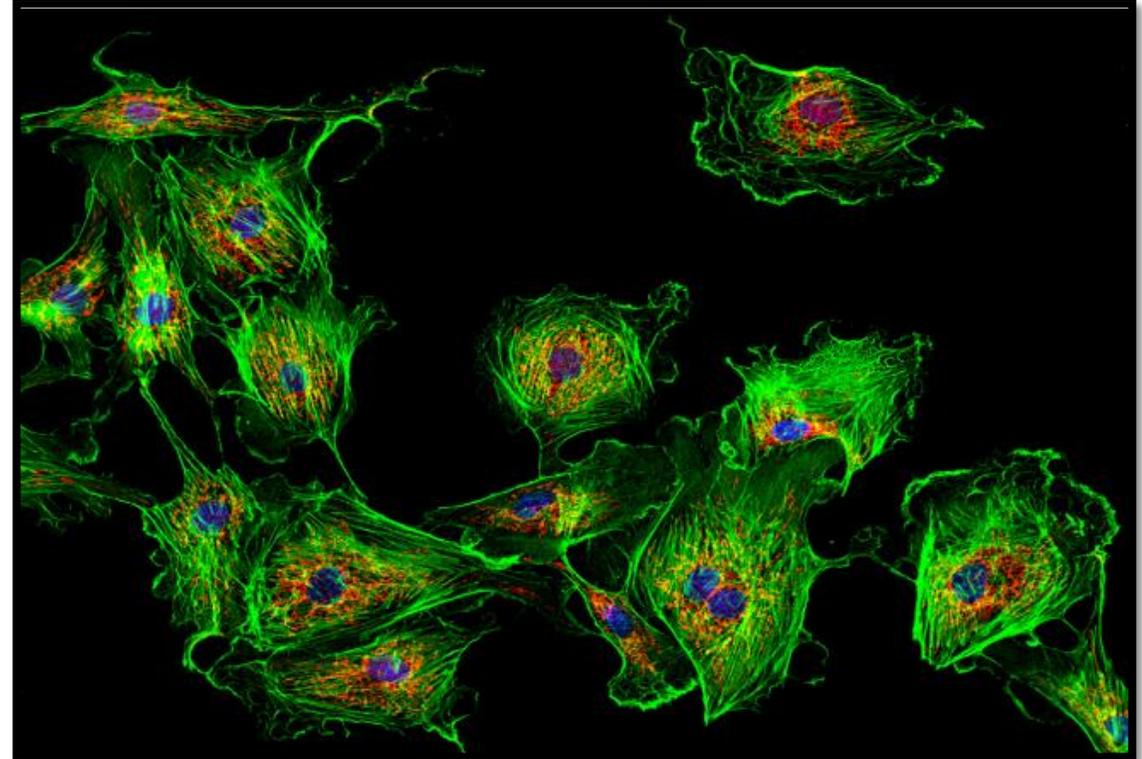
La misma célula animal viva (fibroblasto), no teñida, en cultivo visualizada con (A) microscopio de campo claro, (B) microscopio de contraste de fase, (C) microscopio de contraste de interferencia. Los dos últimos sistemas aprovechan las diferencias con que la luz atraviesa regiones de la célula con diferentes índices de refracción. Las tres imágenes se pueden obtener con el mismo microscopio sólo mediante el intercambio de los componentes ópticos.



# Microscopio de fluorescencia (confocal)



Los colorantes fluorescentes utilizados para teñir las células se detectan con la ayuda de un microscopio de fluorescencia. Éste es similar a un microscopio óptico, excepto que la luz atraviesa dos sistemas de filtros. El primero **1** filtra la luz antes de que alcance el espécimen y sólo deja pasar las longitudes de onda que excitan al colorante fluorescente usado. El segundo **2** bloquea esta luz y sólo deja pasar las longitudes de onda emitidas por el colorante fluorescente. Los objetos teñidos se ven de color brillante sobre un fondo oscuro.



Cultivo de células endoteliales. En rojo mitocondrias teñidas con el colorante MitoTracker Red, en verde los filamentos de actina teñidos con faloidina y en azul los núcleos teñidos con DAPI.



## Microscopía electrónica

La microscopía electrónica es una técnica utilizada para obtener imágenes de ultraalta resolución de átomos individuales de los materiales y estructuras internas de las células. Las imágenes resultantes pueden utilizarse para investigar las propiedades y el comportamiento de la muestra.



El uso de electrones como fuente de radiación para la formación de imágenes permite una mayor resolución espacial (en la escala de decenas de picómetros) en comparación con la resolución alcanzada utilizando fotones en microscopía óptica (~200 nanómetros).

La microscopía electrónica puede dividirse en dos categorías principales: **microscopía electrónica de barrido (SEM)** y **microscopía electrónica de transmisión (TEM)**.



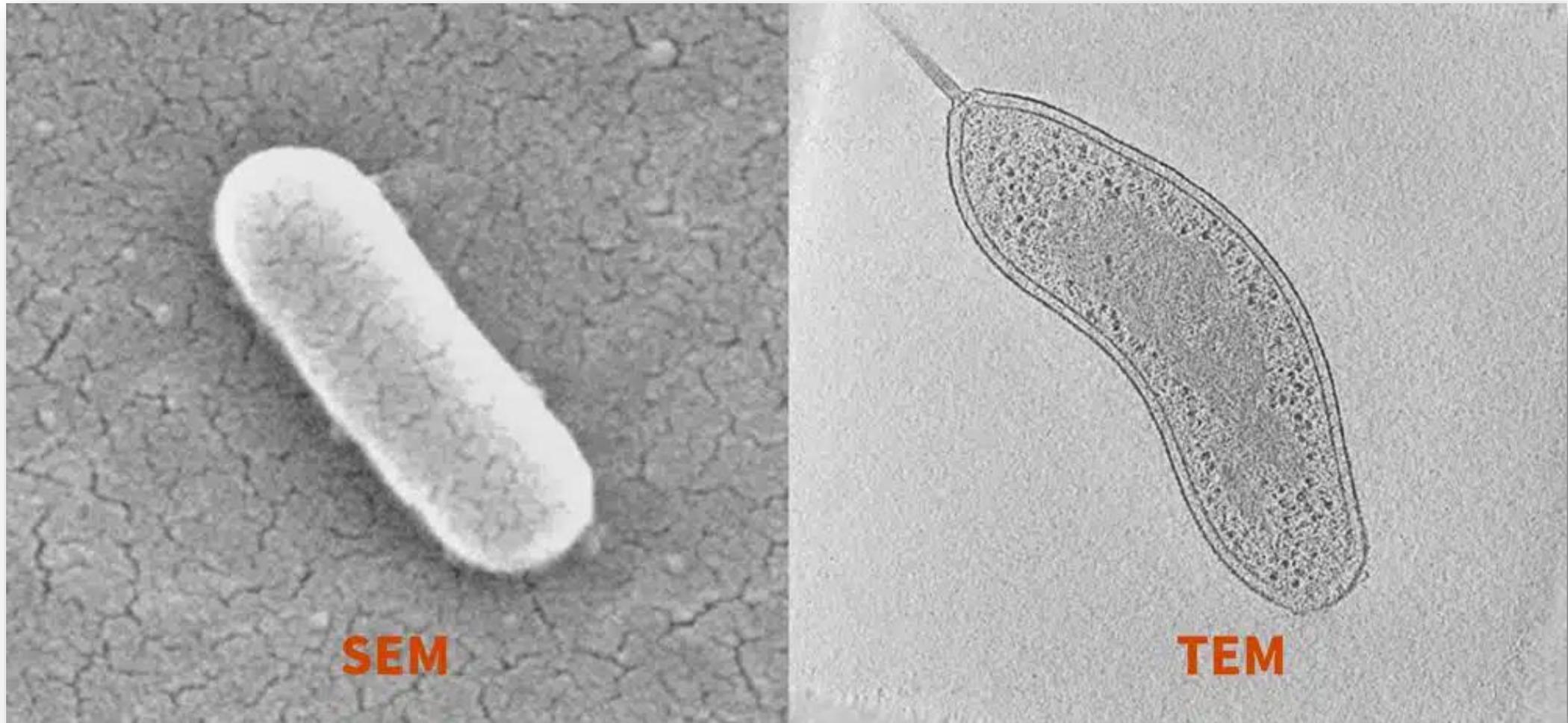
# Microscopio electrónico de barrido vs. Microscopio electrónico de transmisión

(MEB)

(MET)

	Microscopio electrónico de barrido (SEM)	Microscopía electrónica de transmisión (TEM)
Tipo electrónico	Escaneado de electrones dispersos	Electrones de transmisión
Formación de imágenes	Los electrones son capturados y contados por el detector Visualización en la pantalla del ordenador	Obtención de imágenes directamente en una pantalla fluorescente o en la pantalla de un ordenador PC mediante un dispositivo de carga acoplada (CCD).
Información sobre la imagen	Imágenes 3D de superficies	Imagen proyectada de la estructura interna en dos dimensiones
Multiplicador máximo	Aproximadamente 1-2 millones de veces	Más de 50 millones de veces
Resolución espacial óptima	aprox. 0,5 nm	Menos de 50 pm



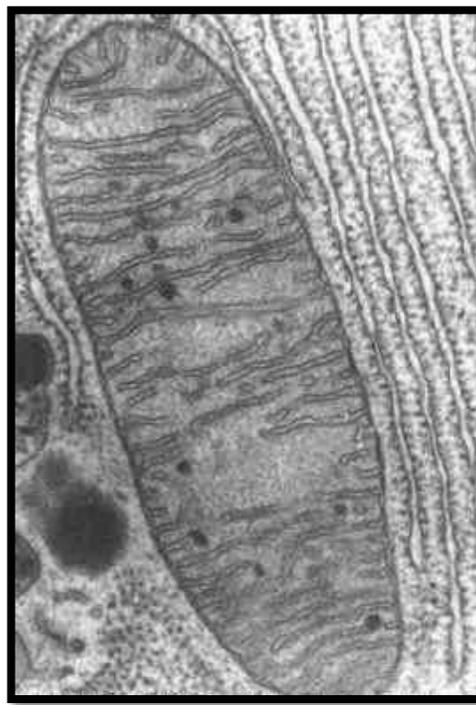


Bacteria observada con microscopio electrónico de barrido (izq.) y microscopio electrónico de transmisión (der.)



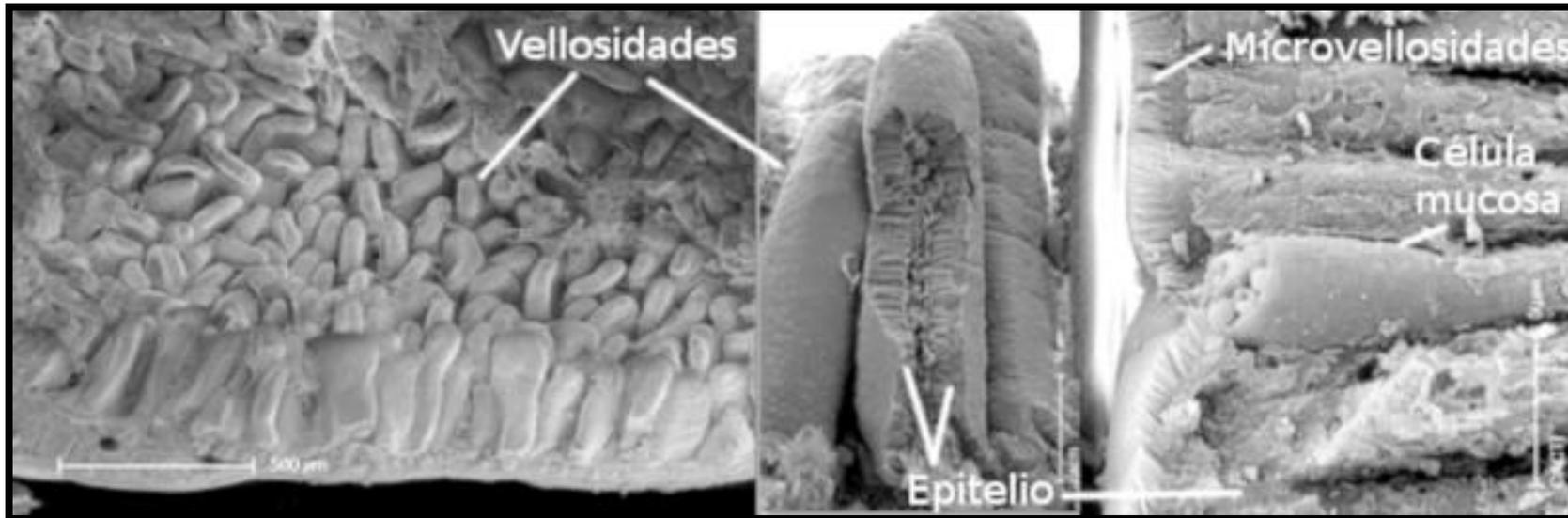


A



B

Imágenes tomadas con el microscopio electrónico de transmisión correspondientes al (A) Bacilos en división y (B), Mitocondria (60.000X).



Imágenes tomadas con el microscopio electrónico de barrido correspondientes al intestino delgado donde se observan las vellosidades y también, a mayor aumento las microvellosidades del epitelio.

